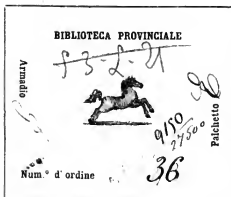
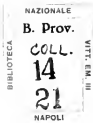


DELAUNAY
—
RAPPORT
SUR
LES PROGRÈS
DE L'ASTRONOMIE

SALE

NOV.

VITTORIO ES



B. Prov.
Coll. 14(21)

On



RECUEIL DE RAPPORTS
sur
LES PROGRÈS DES LETTRES ET DES SCIENCES
EN FRANCE.



PARIS.

LIBRAIRIE DE L. HACHETTE ET C^{re}.

BOULEVARD SAINT-GERMAIN, N^o 77.

RECUEIL DE RAPPORTS

SUR

LES PROGRÈS DES LETTRES ET DES SCIENCES

EN FRANCE.

RAPPORT

SUR

LES PROGRÈS DE L'ASTRONOMIE,

PAR

M. DELAUNAY,

MEMBRE DE L'INSTITUT ET DU BUREAU DES LONGITUDES.

PUBLICATION FAITE SOUS LES AUSPICES

DU MINISTÈRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE.



PARIS.

IMPRIMÉ PAR AUTORISATION DE SON EXC. LE GARDE DES SCAUX

A L'IMPRIMERIE IMPÉRIALE.

M DCCC LXVII.

1A1
152 8581

RAPPORT

sur

LES PROGRÈS DE L'ASTRONOMIE

EN FRANCE.

Pour exposer les progrès de l'astronomie dus aux travaux des savants français, tant théoriciens qu'observateurs, pendant les vingt-cinq dernières années¹, nous passerons en revue successivement ces divers travaux, en les classant dans un ordre méthodique, d'après la nature des questions qui en ont été l'objet. Commençons par les recherches relatives au système solaire.

Ce système, composé du Soleil, des planètes qui circulent autour de lui, et des satellites dont plusieurs planètes sont accompagnées, a été soumis à une étude nouvelle et approfondie, portant sur presque toutes ses parties; il en est résulté notamment une connaissance beaucoup plus précise des mouvements des divers corps qui le constituent.

La grande loi de la gravitation universelle, dont nous sommes redevables au génie de Newton, a introduit l'unité dans la science astronomique; elle a permis de rattacher à une seule et même cause toutes les particularités que présentent les mouvements des corps célestes. Les bases des théories destinées à tirer de cette loi

général. nous.

*Théorie
du mouvement
des planètes
et de
leurs satellites.*

¹ Du commencement de 1842 au 1^{er} avril 1867.

de gravitation toutes les conséquences qui en découlent, pour le mouvement des planètes autour du Soleil et des satellites autour de leurs planètes, avaient été posées antérieurement par les travaux des géomètres Clairaut, d'Alembert, Euler, Lagrange, Laplace, Poisson. Ces théories avaient été développées; mais les développements qu'elles avaient reçus ne suffisaient pas pour qu'elles pussent s'adapter complètement aux résultats des observations astronomiques. Un travail complémentaire restait à faire pour donner toute la précision désirable aux théories dont il s'agit. Ce travail a été entrepris et exécuté en France pour les corps les plus importants du système solaire.

Mouvement
elliptique.

Si, dans une première approximation, on ne tient compte pour chaque planète que de l'action qu'elle éprouve de la part du Soleil, on trouve que la planète se meut autour de cet astre suivant les lois du mouvement elliptique. Le développement des formules relatives à ce mouvement présente une grande importance, surtout en raison de l'usage qu'on doit en faire pour le calcul des perturbations du mouvement des planètes, dues à leurs actions mutuelles, qu'on avait négligées tout d'abord. On a besoin notamment de développer les valeurs de l'anomalie vraie et du rayon vecteur de la planète en séries de *sinus* et *cosinus* d'arcs multiples de l'anomalie moyenne; les coefficients de ces divers *sinus* et *cosinus* sont des fonctions de l'excentricité, que l'on développe également en séries ordonnées suivant les puissances croissantes, entières et positives de cette quantité, qui est ordinairement petite. Les moyens employés pour effectuer ces développements conduisaient à des calculs très-pénibles, quand on voulait pousser l'approximation un peu loin; il était à désirer, en conséquence, qu'on pût trouver l'expression du terme général de chacun de ces développements. Cette question a été résolue de deux manières différentes, d'abord par M. F. Lefort¹, ensuite par M. Bourget².

¹ *Journal de mathématiques* de M. Liouville, année 1846.

² *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1^{er} mai 1854.

Lorsqu'on vient à découvrir un nouvel astre, planète ou comète, la première chose que l'on fait, c'est de déduire des observations les éléments du mouvement elliptique, parabolique, ou même hyperbolique de cet astre autour du Soleil. La détermination de ces éléments a été l'objet des recherches d'un grand nombre de savants. Cependant les solutions qui en avaient été données ne suffisaient pas pour qu'on pût considérer la question comme entièrement résolue, surtout au point de vue pratique, en raison des nombreuses difficultés qui se présentent dans l'application. Cauchy a proposé pour cela une méthode nouvelle, qu'il a développée dans un grand nombre de communications à l'Académie des sciences ¹. Quelque temps après, M. Yvon Villarceau s'est également occupé de cette question, et a donné une autre méthode destinée, notamment, à faire disparaître les inconvénients des méthodes précédentes dans le cas des petites inclinaisons ².

Détermination
de l'orbite
d'une planète
ou d'une comète.

Lorsque, passant à une seconde approximation, dans l'étude du mouvement des planètes autour du Soleil, on veut tenir compte des actions qu'elles exercent les unes sur les autres, on est conduit à intégrer un système d'équations différentielles, où les modifications que ces actions mutuelles apportent au mouvement elliptique de chaque planète sont renfermées dans une fonction particulière, nommée *fonction perturbatrice*.

Recherche
des
perturbations

Pour tirer parti de ces équations différentielles, la première chose à faire, en partant des formules du mouvement elliptique comme formant une première approximation des intégrales, c'est d'effectuer le développement de la fonction perturbatrice sous une forme commode pour les calculs destinés à fournir les approximations ultérieures. On la développe habituellement en une série de sinus et de cosinus d'angles dépendant des multiples des anomalies moyennes des diverses planètes; et lorsque les excentricités et les

Développement
de la fonction
perturbatrice.

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 30 juillet 1849, et *Annales de l'Observatoire de Paris*, t. III.

² *Comptes rendus de l'Académie des*

inclinaisons des orbites sont petites, ce qui est le cas ordinaire, on développe les coefficients de ces *sinus* et *cosinus* en séries ordonnées suivant les puissances croissantes de ces petites quantités.

Ce développement de la fonction perturbatrice avait déjà été effectué avec divers degrés d'approximation, soit d'une manière générale, soit en vue du calcul de certaines inégalités spéciales. M. Leverrier, voulant reprendre complètement le calcul des inégalités planétaires, afin de porter les théories des diverses planètes à un degré d'exactitude comparable à celui que fournit l'observation directe de ces astres, a commencé par opérer de nouveau le développement de la fonction perturbatrice, en poussant les approximations aussi loin que cela était nécessaire pour l'objet qu'il avait en vue. Classant, suivant l'usage, les diverses parties obtenues par ordre de grandeur, d'après la somme des exposants des excentricités et des inclinaisons qui entrent en facteurs dans chacune d'elles, M. Leverrier a déterminé toutes les parties de cette fonction qui ne sont pas d'un ordre supérieur au septième. Il a ainsi obtenu pour la fonction perturbatrice une expression explicite contenant 469 termes périodiques¹. Par suite de ces calculs effectués avec le plus grand soin, un certain nombre de résultats trouvés antérieurement ont été rectifiés; et, en outre, un grand nombre de parties nouvelles ont été ajoutées à celles que l'on connaissait déjà.

Pour appliquer ce développement général de la fonction perturbatrice aux diverses planètes prises deux à deux, il est nécessaire de réduire en nombres, pour chaque couple de deux planètes, certaines quantités que Laplace a désignées par b ,⁽²⁾ et qui dépendent du rapport des distances moyennes des deux planètes au Soleil. M. Leverrier a également repris le calcul numérique de ces quantités b ,⁽²⁾ par une méthode qui permet d'arriver plus sûrement aux divers résultats; il en a donné une table beaucoup plus étendue que celle que l'on possédait avant lui².

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 2 juillet 1849. et *Annales de*

l'Observatoire de Paris, t. I. — ² *Développements sur plusieurs points de la théorie*

Au lieu de procéder d'un seul coup au développement complet de la fonction perturbatrice, en s'arrêtant aux quantités d'un certain ordre analytique, on peut se proposer de calculer isolément tel ou tel terme de ce développement. Ce mode de calcul présente une grande importance, surtout pour la recherche de certaines inégalités à longues périodes provenant de termes de la fonction perturbatrice qui sont d'un ordre assez élevé, termes qu'il est bon de pouvoir obtenir sans avoir besoin de calculer en même temps tous les autres termes du même ordre ou des ordres inférieurs. Cauchy avait déjà donné, en 1831 et 1832 (Mémoires publiés à Turin), et plus tard en 1840 et 1841 (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*), le moyen de résoudre cette question. MM. Bourget¹ et Puiseux² se sont livrés de nouveau à d'intéressantes recherches sur ce sujet; M. Puiseux est parvenu à écrire effectivement l'expression analytique d'un terme quelconque de la fonction perturbatrice, expression qui permet d'apprécier immédiatement la grandeur numérique du terme et la manière dont il dépend des éléments elliptiques.

Le développement de la fonction perturbatrice étant effectué, on l'introduit dans les équations différentielles du mouvement des planètes; puis, par l'intégration de ces équations différentielles, on arrive à la connaissance des diverses inégalités dont sont affectés les mouvements de ces corps célestes. Si l'on réduit partout la fonction perturbatrice à son terme non périodique, c'est-à-dire à la partie de cette fonction qui est indépendante des anomalies moyennes des diverses planètes, l'intégration des équations différentielles donne ce qu'on nomme les inégalités séculaires; ce sont des inégalités en vertu desquelles les orbites des planètes changent peu à peu de forme et de position dans l'espace. La détermination précise et

Inégalités
séculaires.

des perturbations des planètes, 1841, et *Annales de l'Observatoire de Paris*, t. II.

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 24 mars et 2 juin 1856. *Annales de l'Observatoire de Paris*, t. VII.

² *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 16 janvier et 5 mars 1860. — *Journal de mathématiques* de M. Liouville, année 1860.

aussi complète que possible de ces inégalités séculaires, pour les sept planètes Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter, Saturne et Uranus, est le premier travail d'astronomie théorique dont M. Leverrier se soit occupé. Il a suivi pour cela les méthodes établies antérieurement par les géomètres qui avaient élaboré la question, et a poussé les calculs plus loin qu'on ne l'avait encore fait. Les résultats auxquels il est parvenu ainsi, en 1839, ont été publiés dans la *Connaissance des temps* de 1843 et de 1844, et reproduits depuis dans le tome II des *Annales de l'Observatoire de Paris*.

Nous allons maintenant passer en revue les diverses planètes qui composent le système solaire, en les prenant dans l'ordre de leurs distances croissantes au Soleil, et nous mentionnerons pour chacune d'elles les travaux dont elle a été l'objet. Mais nous ferons une exception à l'ordre indiqué, en parlant tout d'abord de la Terre, en raison de ce que la théorie de son mouvement n'est autre chose que celle du mouvement apparent du corps principal du système, c'est-à-dire du Soleil.

Théorie
du mouvement
de la Terre,

M. Leverrier, en déterminant de nouveau les inégalités du mouvement de la Terre autour du Soleil, a été conduit à ajouter aux inégalités données par Laplace : 1° des variations séculaires de l'excentricité et de la position du périhélie qui augmentent de $0'',5$ en un siècle le coefficient du terme principal de l'équation du centre; 2° des variations périodiques du premier ordre par rapport aux masses des planètes troublantes, et telles que la somme des valeurs absolues des coefficients s'élève à $4'',38$; 3° deux inégalités à longues périodes, de l'ordre du carré des masses perturbatrices, dont l'une, s'élevant à $0'',32$, a une période de 302 ans, et l'autre, s'élevant à $7'',16$, a une période d'environ 1800 ans¹.

Tables du Soleil,

En se basant sur cette théorie du mouvement de la Terre, et en rectifiant les éléments par la discussion de 8911 observations de

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 22 avril 1850, et *Annales de l'Observatoire de Paris*, t. IV, 1858.

l'ascension droite du Soleil, faites dans les observatoires de Greenwich, de Paris et de Königsberg, M. Leverrier a construit de nouvelles *Tables du Soleil*, qui représentent le mouvement apparent de cet astre avec une grande exactitude¹.

Dans la théorie du mouvement de Mercure autour du Soleil, M. Leverrier a également trouvé quelques corrections à faire aux inégalités données par Laplace. Dans le calcul des inégalités séculaires, il a tenu compte des termes du troisième ordre relativement aux excentricités et aux inclinaisons; ces termes, qui avaient été négligés dans la *Mécanique céleste*, peuvent faire varier la longitude héliocentrique de Mercure de 11 secondes en un siècle. D'un autre côté, en poussant plus loin les approximations dans le calcul des inégalités périodiques, il a été conduit à modifier leurs coefficients de quantités qui peuvent faire varier la longitude de la planète de 5 à 6 secondes².

*Théorie
du mouvement
de Mercure.*

Après avoir ainsi complété la théorie de Mercure, M. Leverrier a construit des tables de son mouvement. Il a fait usage pour cela de 398 observations méridiennes de la planète faites à Paris de 1801 à 1842, et de 12 passages de Mercure sur le Soleil observés de 1697 à 1832. Voici ce que M. Leverrier dit à cette occasion des observations de Paris :

*Tables
de Mercure.*

« La théorie de Mercure peut être reprise aujourd'hui avec avantage. Les observations méridiennes de cette planète ont été multipliées depuis 40 ans; et, grâce au zèle et à l'habileté persévérante de ses astronomes, l'Observatoire de Paris en possède plus qu'aucun autre de l'Europe. Dans ces derniers temps, depuis 1836 jusqu'en 1842, 200 observations complètes de Mercure ont été faites; nombre prodigieux, si l'on considère la difficulté qu'on a de voir cette planète dans nos climats, et qui a exigé qu'on en saisît attentivement toutes les occasions. Aussi n'est-il pas douteux qu'on en trouverait à peine la moitié autant dans les autres observatoires de

¹ *Ann. de l'Obs. de Paris*, IV, 1858.

sciences, 15 mai 1853, et *Annales de*

² *Comptes rendus de l'Académie des*

l'Observatoire de Paris, t. V, 1859.

l'Europe, quoique je me plaise d'ailleurs à reconnaître leur juste renommée.

« Pour la précision, la prééminence appartient encore à la France, et de beaucoup. La discussion d'un grand nombre d'observations du Soleil m'a fait voir que l'erreur moyenne de chacune d'elles ne dépassait pas $\frac{1}{14}$ de seconde de temps à l'Observatoire de Paris. C'est un admirable résultat de la perfection des observations, et dont on a d'autant plus lieu d'être fier, qu'il serait facile d'indiquer tel autre lieu dans lequel on observe aussi avec zèle et habileté, et où cependant l'erreur est à peu près du double¹. »

Malgré tous ses efforts, M. Leverrier n'était pas parvenu tout d'abord à mettre sa théorie complètement d'accord avec l'observation; en remontant aux passages de Mercure observés dans le milieu du dernier siècle, il trouvait sur la position de la planète des discordances qui allaient jusqu'à 9 secondes d'arc. Seize ans plus tard, ayant soumis la question à un nouvel examen, il reconnut qu'il suffisait d'augmenter de 38 secondes le mouvement séculaire du périhélie de la planète pour faire disparaître le désaccord qu'il avait précédemment trouvé². En introduisant cette correction empirique dans les *Tables*, il parvint à leur donner toute la précision désirable; ces *Tables* furent publiées en 1859³.

Théorie
du mouvement
de Vénus.

La théorie du mouvement de Vénus a été reprise également par M. Leverrier. Il a calculé les inégalités dues à l'action des autres planètes, en tenant compte de tous les termes qui ne sont pas inférieurs à un demi-centième de seconde; il a déterminé l'inégalité à longue période découverte par M. Airy, en poussant l'approximation jusqu'aux quantités du septième ordre par rapport aux excentricités et aux inclinaisons; enfin, il a calculé l'inégalité de l'ordre du carré des masses perturbatrices, qui a une période de 302 ans, et qui correspond à l'inégalité de même période men-

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 15 mai 1843.

sciences, 12 septembre 1859. — ² *Annales de l'Observatoire de Paris*, V.

³ *Comptes rendus de l'Académie des*

tionnée ci-dessus à l'occasion de la théorie du mouvement de la Terre ¹.

En s'appuyant sur ces déterminations théoriques, et en se servant de nombreuses observations de la planète faites tant à Paris qu'à Greenwich, M. Leverrier a construit de nouvelles *Tables de Vénus*². Il n'a pas rencontré dans ce cas, pour faire cadrer la théorie avec l'observation, de difficulté analogue à celle qu'il avait trouvée pour Mercure.

Tables de Vénus.

Les inégalités de la planète Mars ont été calculées de nouveau par M. Leverrier, avec le même soin que pour les planètes précédentes³. Les éléments de son mouvement ont été déterminés par la comparaison des résultats de ces calculs théoriques avec les nombreuses observations méridiennes faites à Paris et à Greenwich depuis un siècle. Là, comme pour Mercure, M. Leverrier a reconnu que l'accord entre la théorie et l'observation ne pouvait être obtenu qu'à la condition d'augmenter de 24 secondes le mouvement séculaire du périhélie de la planète. De nouvelles *Tables de Mars* ont été construites sur ces données, et publiées en même temps que celles de Vénus⁴.

*Théorie
du mouvement
de Mars.
Tables de Mars*

Au commencement de ce siècle, les astronomes avaient découvert quatre petites planètes, Cérès, Pallas, Junon et Vesta, se mouvant autour du Soleil, dans la région comprise entre Mars et Jupiter. Mais cette région en renferme un bien plus grand nombre. M. Hencke, de Driessen (Prusse), en ayant trouvé une cinquième, Astrée, à la fin de l'année 1845, puis une sixième, Hébé, le 1^{er} juillet 1847, l'attention des astronomes a été de nouveau appelée de ce côté. L'examen attentif du ciel a conduit à de nombreuses découvertes, et maintenant le nombre des planètes télescopiques que l'on connaît entre Mars et Jupiter s'élève à 91. Sur les 87 nouvelles, 27 ont été trouvées par des observateurs français. Voici

*Découverte
de nouvelles
planètes
télescopiques
entre
Mars et Jupiter.*

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 26 novembre 1860, et *Annales de l'Observatoire de Paris*, t. VI, 1861.

² *Ann. de l'Obs. de Paris*, t. VI, 1861.

³ *Ann. de l'Obs. de Paris*, t. VI, 1861.

⁴ *Ibid.*

la liste de ces 27 planètes désignées par les numéros d'ordre et les noms qui leur ont été attribués.

NUMÉROS.	NOMS.	DÉCOUVERTES		
		À	PAR	LE
21	Lutetia.	Paris.	H. Goldschmidt.	15 novembre 1852.
25	Phocæa.	Marseille.	Chacornac.	6 avril 1853.
32	Pomone.	Paris.	H. Goldschmidt.	26 octobre 1854.
33	Polymnie.	Paris.	Chacornac.	28 octobre 1854.
34	Circé.	Paris.	Chacornac.	6 avril 1855.
36	Atalante.	Paris.	H. Goldschmidt.	5 octobre 1855.
38	Léda.	Paris.	Chacornac.	12 janvier 1856.
39	Lætitia.	Paris.	Chacornac.	8 février 1856.
40	Harmonia.	Paris.	H. Goldschmidt.	31 mars 1856.
41	Daphné.	Paris.	H. Goldschmidt.	22 mai 1856.
44	Nysa.	Paris.	H. Goldschmidt.	27 mai 1857.
45	Eugenia.	Paris.	H. Goldschmidt.	27 juin 1857.
48	Doris.	Paris.	H. Goldschmidt.	19 septembre 1857.
49	Palès.	Paris.	H. Goldschmidt.	19 septembre 1857.
51	Nemusa.	Nîmes.	Laurent.	22 janvier 1858.
52	Europa.	Paris.	H. Goldschmidt.	6 février 1858.
54	Alexandra.	Paris.	H. Goldschmidt.	10 septembre 1858.
56	Meleto.	Paris.	H. Goldschmidt.	9 septembre 1857.
59	Olympia.	Paris.	Chacornac.	12 septembre 1860.
60	Danaé.	Châtillon près Paris.	H. Goldschmidt.	19 septembre 1860.
64	Angelina.	Marseille.	Tempel.	4 mars 1861.
65	Maximilian.	Marseille.	Tempel.	8 mars 1861.
70	Panope.	Châtillon près Paris.	H. Goldschmidt.	5 mai 1861.
74	Galathea.	Marseille.	Tempel.	29 août 1862.
81	Terpsichore.	Marseille.	Tempel.	30 septembre 1864.
89		Marseille.	Stéphan.	6 août 1866.
91		Marseille.	Stéphan.	4 novembre 1866.

On voit par cette liste que, sur les 27 petites planètes découvertes en France, on en doit : 14 à M. H. Goldschmidt, 6 à M. Chacornac, 4 à M. Tempel, 2 à M. Stéphan, 1 à M. Laurent.

La découverte de ces nombreuses planètes télescopiques entre Mars et Jupiter a beaucoup agrandi le champ des travaux des astronomes théoriciens. Chacune d'elles éprouve des perturbations

produites par les divers corps du système solaire; et la détermination de ces perturbations est nécessaire pour qu'on puisse construire des Tables de son mouvement. Nous n'avons à citer ici qu'un petit nombre de travaux de ce genre.

Nous trouvons d'abord une théorie complète des planètes Cérès et Junon, faite par Damoiseau, théorie dans laquelle il a poussé l'approximation jusqu'aux quantités du cinquième ordre par rapport aux excentricités et aux inclinaisons¹.

Théorie
du mouvement
de
Cérès et Junon.

Nous avons ensuite à mentionner le calcul d'une inégalité remarquable qui existe dans la théorie de Pallas, et qui a pour argument dix-huit fois le moyen mouvement de Jupiter, moins sept fois celui de Pallas; elle a une période de 675 ans et s'élève à 895 secondes. Le calcul de cette inégalité présentait de grandes difficultés, en raison de la grandeur de l'excentricité de l'orbite de Pallas et de l'inclinaison de son plan sur l'écliptique. M. Leverrier est parvenu à l'exécuter en substituant une méthode d'interpolation à la méthode ordinaire de développement de la fonction perturbatrice². Le résultat qu'il a ainsi obtenu a été retrouvé par MM. Cauchy et Puiseux à l'aide de moyens tout différents.

Grande inégalité
de mouvement
de Pallas.

Nous n'avons à faire mention d'aucun travail sur les planètes Jupiter et Saturne.

L'étude du mouvement d'Uranus a conduit à une découverte d'une grande importance, celle d'une nouvelle planète, Neptune, qui est située beaucoup plus loin du Soleil qu'Uranus, et qui forme jusqu'à présent la limite extrême du système solaire. Cette découverte ne doit pas être confondue avec celle des nombreuses petites planètes dont nous avons parlé, et qui sont situées entre Mars et Jupiter. C'est en cherchant au hasard dans le ciel, en explorant attentivement les diverses régions voisines de l'écliptique, que l'on a trouvé ces petites planètes. La découverte de Neptune, au

Perturbations
d'Uranus.
Découverte
de Neptune.

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 3 avril 1843, et *Connaissance des temps* de 1846.

² *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 26 juin 1843, et *Annales de l'Observatoire de Paris*, t. I.

contraire, est le résultat de recherches théoriques qui ont fait connaître le lieu du ciel où cette planète devait être placée; de sorte qu'il suffisait de diriger une lunette vers le lieu désigné pour l'apercevoir.

Les *Tables d'Uranus* que l'on emploie encore maintenant, tant en France qu'en Angleterre, pour le calcul des éphémérides, ont été construites par Bouvard et publiées en 1821 par le Bureau des longitudes. Elles sont basées sur la théorie du mouvement de cette planète donnée par Laplace dans sa *Mécanique céleste*. Pour construire ces Tables, Bouvard avait à sa disposition : 1° les nombreuses observations d'Uranus faites depuis la découverte de cette planète en 1781; 2° 17 observations antérieures à cette découverte (de 1690 à 1771), dans lesquelles la planète, observée par hasard, avait été regardée comme une étoile fixe. Mais il rencontra beaucoup de difficultés dans l'emploi de ces observations pour la construction des Tables. Voici comment il résume les résultats de la discussion à laquelle il s'est livré sur ce sujet (*Tables de Jupiter, Saturne et Uranus*, Introduction, page xiv) :

« Telle est donc l'alternative que présente la formation des Tables de la planète Uranus, que si l'on combine les observations anciennes avec les modernes, les premières seront passablement représentées, tandis que les secondes ne le seront pas avec la précision qu'elles comportent; et que si l'on rejette les unes pour ne conserver que les autres, il en résultera des Tables qui auront toute l'exactitude désirable relativement aux observations modernes, mais qui ne pourront satisfaire convenablement aux observations anciennes. Il fallait se décider entre ces deux partis; j'ai dû m'en tenir au second, comme étant celui qui réunit le plus de probabilités en faveur de la vérité, et je laisse au temps à venir le soin de faire connaître si la difficulté de concilier les deux systèmes tient réellement à l'inexactitude des observations anciennes; ou si elle dépend de quelque action étrangère et inaperçue qui aurait agi sur la planète. »

Bouvard était plus explicite dans les conversations particulières. Il précisait ses idées sur cette *action étrangère et inaperçue*. Suivant lui, la difficulté qu'il avait trouvée à faire cadrer la théorie avec l'observation tenait à des perturbations produites par une planète circulant autour du Soleil dans une orbite plus grande que celle d'Uranus, il ajoutait même qu'il était porté à croire que la distance de la planète inconnue au Soleil était double de la distance d'Uranus au même astre central (sans doute d'après la loi de Bode, étendue au delà de la limite à laquelle le système solaire s'arrêtait alors)¹.

Les Tables d'Uranus, ainsi construites, ne tardèrent pas à se montrer inexactes; en 1845, les positions observées de la planète ne s'accordaient pas mieux avec les Tables que les 17 anciennes observations que Bouvard avait dû mettre de côté. La recherche de la planète inconnue à laquelle on était porté à attribuer ce désaccord devenait une question à l'ordre du jour; les maîtres de la science l'indiquaient aux jeunes savants comme un intéressant sujet à traiter. M. Leverrier se mit à l'œuvre, et ne tarda pas à trouver la solution de ce curieux problème.

Ayant repris d'abord le calcul des perturbations d'Uranus, dues aux actions de Jupiter et de Saturne, il trouva d'importantes additions et modifications à faire à l'ensemble des perturbations que Bouvard avait adoptées, en 1821, comme base théorique de ses Tables². Il discuta ensuite un grand nombre d'observations méridiennes d'Uranus, faites tant à Paris qu'à Greenwich, depuis la découverte de la planète, ainsi que les 17 observations antérieures à cette découverte dont nous avons parlé, et il mit par là complètement en évidence l'impossibilité de représenter toutes ces observations en regardant Uranus comme soumis aux seules perturbations produites par Jupiter et Saturne. Enfin, il chercha

¹ Je me souviens fort bien d'avoir entendu Bouvard s'expliquer ainsi, plusieurs années avant la découverte de

Neptune. (Ch. D.) — ² *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 10 novembre 1845.

la place que devait occuper dans le ciel la planète inconnue capable de produire les différences de position d'Uranus, résultant de cette discussion. Il parvint ainsi à fixer la longitude de cette planète inconnue pour le 1^{er} janvier 1847, longitude dont il donna d'abord une valeur approchée¹, puis bientôt une valeur plus précise². Le résultat de ces recherches théoriques ne tarda pas à être pleinement confirmé. Le jour même où M. Galle, astronome de Berlin, en suivant les indications de M. Leverrier, se mit à chercher la planète dans le ciel, il l'aperçut presque exactement à la place indiquée par la théorie (23 septembre 1846) : elle avait l'aspect d'une étoile de huitième grandeur. La planète ainsi découverte a reçu le nom de *Neptune*.

Il est impossible de trouver une preuve plus éclatante de l'exactitude de nos théories astronomiques.

Nous devons ajouter que M. Leverrier n'est pas le seul qui ait cherché à déterminer la position de la planète capable de produire les irrégularités non expliquées du mouvement d'Uranus. Un savant anglais, M. Adams, s'occupait en même temps que lui de cette question; ses recherches, conduites avec beaucoup de simplicité et de netteté, lui ont permis d'assigner la position de la planète inconnue, et il a ainsi approché autant que M. Leverrier de la position réelle de cette planète, telle que l'observation l'a fait connaître ensuite. Mais M. Leverrier a eu la priorité sur M. Adams; ses résultats ont été publiés les premiers, ils ont servi seuls à la découverte de la planète dans le ciel : c'est donc incontestablement à M. Leverrier que cette découverte doit être attribuée.

Théorie
du mouvement
de la Lune.

Si nous passons des planètes aux satellites qui accompagnent quelques-unes d'entre elles, nous trouvons d'abord la Lune, satellite de la Terre, qui a été l'objet de grands et importants travaux. La Lune, par la rapidité de son mouvement dans le ciel, par la singularité des phénomènes qu'elle occasionne et que nous nom-

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1 juin 1846.

² *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 31 août 1846.

nous éclipses, est pour nous un astre des plus importants; les astronomes ont su tirer un utile parti de la présence de cet astre pour résoudre des questions difficiles et d'un grand intérêt, telles que la détermination des longitudes géographiques, soit à terre, soit en mer. Mais il faut pour cela que toutes les particularités du mouvement de la Lune autour de la Terre soient bien connues. Or, il arrive que ce mouvement, que nous avons tant d'intérêt à connaître dans tous ses détails, est précisément celui dont l'étude théorique présente le plus de difficultés. On peut bien le regarder, dans une première approximation, comme s'effectuant suivant les lois du mouvement elliptique; mais l'approximation que l'on fait ainsi est beaucoup plus éloignée de la réalité que quand il s'agit du mouvement d'une planète autour du Soleil. Le mouvement de la Lune présente des inégalités très-nombreuses, dont quelques-unes, d'une grande valeur, ont été reconnues et déterminées par l'observation même. La plupart de ces inégalités, et notamment les plus grandes d'entre elles, sont dues à l'action perturbatrice du Soleil; et, en raison de la grandeur de cette action perturbatrice, on est obligé, dans le calcul des effets qu'elle occasionne, de pousser les approximations successives beaucoup plus loin qu'on ne le fait dans le calcul des inégalités d'une planète. La théorie du mouvement de la Lune est celle qui a exigé, de la part des géomètres, les plus grands efforts pour être mise au niveau de l'exactitude des observations astronomiques.

Au commencement du siècle actuel, les tables de la Lune avaient un caractère mixte; elles étaient fondées à la fois sur la théorie et sur l'empirisme. Sur la proposition de Laplace, l'Académie des sciences de Paris proposa, pour le sujet du grand prix de mathématiques à décerner en 1820, *la formation, par la seule théorie, de Tables lunaires aussi parfaites que celles que l'on a formées par le concours de la théorie et des observations*. Grâce à cette puissante impulsion, deux remarquables travaux sur ce sujet furent entrepris et menés à bonne fin. L'un de ces travaux est dû à Damoiseau : les inégalités de la

Lune y sont calculées sous forme numérique; les *Tables lunaires* qui en ont été déduites par Damoiseau lui-même ont été reconnues aussi bonnes que celles, moitié théoriques, moitié empiriques, que l'on employait jusque-là. L'autre, dû à deux savants italiens, Plana et Carlini, a été complété plus tard par Plana seul; les inégalités de la Lune y sont déterminées sous forme analytique, ce qui présente un grand avantage sur la forme numérique adoptée par Damoiseau. Cependant tout n'était pas dit sur cette question. Les calculs si longs, exécutés par les savants qui viennent d'être cités, avaient besoin, d'une part d'être vérifiés, d'une autre part d'être poussés plus loin encore, pour que les résultats eussent toute la précision désirable. Les valeurs analytiques trouvées par Plana, pour les coefficients des diverses inégalités de la Lune, ont été soumises à un examen spécial par MM. Lubbock (en Angleterre) et de Pontécoulant (en France)¹; en suivant des routes toutes différentes de celle que le savant italien avait suivie d'après Laplace, ils ont confirmé un grand nombre des termes partiels trouvés par Plana, et en outre indiqué les corrections à faire à plusieurs d'entre eux. D'un autre côté, en Allemagne, M. Hansen, par une méthode de son invention, a procédé à une nouvelle détermination numérique des inégalités de la Lune, et en a conclu des Tables où il n'a pas pu se dispenser d'introduire encore quelques traces d'empirisme. Ces Tables, publiées en 1857 aux frais du gouvernement anglais, sont celles que l'on emploie actuellement en Angleterre et en France. En Amérique (États-Unis), on se sert de Tables construites d'après les résultats théoriques de Plana, auxquels on a apporté quelques modifications, les unes théoriques, les autres empiriques.

Désirant contribuer pour sa part à combler les lacunes que présentait encore la théorie de la Lune, M. Delaunay a depuis longtemps consacré tout son temps à cette importante question. Calculer les diverses inégalités de la Lune sous forme analytique,

¹ *Théorie analytique du système du monde*, t. IV, 1846.

comme Plana l'avait fait, mais pousser les approximations notablement plus loin que l'astronome italien, tel est le but que M. Delaunay s'est proposé. Il n'était pas possible pour cela de se servir de la méthode employée par Plana, qui déclarait lui-même qu'il ne concevait pas l'existence d'une intelligence humaine capable d'aller plus loin que lui dans cette voie, tant les calculs qu'il avait eu à faire étaient immenses. Il fallait donc suivre une autre marche. M. Delaunay imagina pour cela une méthode spéciale, ayant pour objet de fractionner le travail, de remplacer un petit nombre de calculs très-complicqués par un grand nombre de calculs distincts beaucoup plus simples que les précédents. Par là, le travail total n'était pas diminué; mais son exécution était rendue plus facile : il en résultait donc la possibilité de pousser plus loin les approximations dans les diverses parties où cela était nécessaire¹.

Plana avait déterminé les coefficients des diverses inégalités de la longitude, de la latitude et du rayon vecteur de la Lune sous forme de séries ordonnées suivant les puissances croissantes de certaines petites quantités, telles que les excentricités des orbites du Soleil et de la Lune, le rapport des moyens mouvements de ces deux astres, etc. Il avait calculé les divers termes partiels dont ces séries se composent en s'arrêtant généralement à ceux du cinquième ordre par rapport à ces petites quantités; il n'avait poussé l'approximation plus loin, en calculant les parties du sixième, du septième et même du huitième ordre, que pour certaines inégalités spéciales de la longitude et de la latitude.

M. Delaunay, en appliquant la méthode nouvelle dont il vient d'être question, s'est borné, comme Plana, aux parties du cinquième ordre dans l'expression du rayon vecteur; mais il s'est proposé tout d'abord de déterminer, dans les expressions des inégalités de la longitude et de la latitude, toutes les parties de leurs coefficients qui ne sont pas d'un ordre supérieur au septième. Les immenses

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 5 janvier 1846, et 23 novembre suivant.

calculs qu'il a dû faire pour cela étant terminés¹, il s'est livré à des recherches supplémentaires, dans le but de pousser l'approximation jusqu'aux parties du huitième et du neuvième ordre, pour toutes les inégalités de la Lune pour lesquelles cela lui a paru nécessaire. Les résultats de ce travail considérable sont donnés dans les Mémoires de l'Académie des sciences, dont ils remplissent complètement deux volumes².

Les chiffres suivants suffiront pour qu'on se fasse une idée de l'extension que M. Delaunay a donnée aux expressions analytiques des coordonnées de la Lune, déjà obtenues avant lui par Plana. Le nombre des inégalités de la longitude dont Plana a déterminé les coefficients est de 128; M. Delaunay en a déterminé 452; cela fait 324 de plus. M. Plana a calculé 108 inégalités de la latitude; M. Delaunay en a obtenu 419, c'est-à-dire 311 de plus. Si, en prenant la chose à un autre point de vue, on considère les divers termes partiels qui entrent dans la composition des coefficients des inégalités, termes dont chacun peut être obtenu avec une entière rigueur, on verra que, tandis que dans les expressions calculées par Plana leur nombre s'élève à 466 pour la longitude et 321 pour la latitude, dans les expressions auxquelles M. Delaunay est parvenu on en compte 1801 pour la longitude et 1407 pour la latitude.

Tous ces résultats, obtenus sous forme algébrique, ont été réduits en nombres, et vont servir de base à la construction de nouvelles *Tables lunaires*.

Les détails qui viennent d'être donnés se rapportent à la partie principale du problème des perturbations lunaires, c'est-à-dire aux inégalités du mouvement de la Lune dues à l'action perturbatrice du Soleil, et calculées dans l'hypothèse où le mouvement apparent de ce dernier astre s'effectuerait rigoureusement suivant les lois du mouvement elliptique. Pour compléter la théorie des perturbations de la Lune, il faut en outre tenir compte des inégalités du mou-

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 17 mai 1858.

² *Mémoires de l'Académie des sciences*, t. XXVIII, 1860, et t. XXIX, 1867.

vement apparent du Soleil, de l'action des planètes sur la Lune, de l'influence de la figure de la Terre sur la marche de notre satellite.

Une des questions les plus intéressantes qui se présentent, parmi celles qui viennent d'être énumérées, c'est la détermination précise de l'influence que la diminution séculaire de l'excentricité de l'orbite de la Terre exerce sur la valeur du moyen mouvement de la Lune. On sait que ce moyen mouvement va en s'accéléranant de siècle en siècle, et que Laplace a montré que cette accélération est due à la diminution progressive de l'excentricité terrestre. Mais la grandeur de l'effet produit par cette cause était l'objet de quelques incertitudes. Plana et Damoiseau lui avaient assigné une certaine valeur, peu différente de celle que Laplace avait tout d'abord obtenue; M. Adams, au contraire, en calculant de nouveau sa grandeur, l'avait trouvée notablement plus petite. M. Delaunay a repris la question, et, en suivant une marche toute différente de celles de ses devanciers, il a poussé les approximations beaucoup plus loin qu'on ne l'avait fait avant lui; il a ainsi pleinement confirmé le résultat de M. Adams¹. La discussion vive et prolongée qui s'est élevée à cette occasion, dans le sein de l'Académie des sciences, n'a servi qu'à mettre plus complètement en lumière l'exactitude de ce résultat, par les vérifications qu'elle a provoquées de la part de MM. Plana, Lubbock et Cayley.

La raison que mettaient en avant les adversaires du résultat obtenu par MM. Adams et Delaunay, pour l'équation séculaire de la Lune, c'est que les anciennes observations d'éclipses semblent assigner à cette équation séculaire une valeur double de celle que ces deux savants avaient trouvée comme conséquence de la cause indiquée par Laplace. Mais en admettant que ce désaccord entre l'observation et la théorie fût bien établi, on ne pouvait en conclure qu'une seule chose : c'est que la cause signalée par Laplace pour l'accélération

Équation
séculaire
de la Lune,

Ralentissement
du
mouvement
de rotation
de la Terre.

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 17 janvier et 25 avril 1859.

séculaire du moyen mouvement de la Lune n'était pas suffisante pour expliquer la totalité de cette accélération.

Dans ce cas, il fallait chercher une autre cause pour la partie non expliquée. M. Delaunay s'est préoccupé de combler cette lacune de la théorie. On savait déjà que le moyen mouvement de la Lune peut éprouver une perturbation apparente par suite d'une variation dans la vitesse de rotation de la Terre, c'est-à-dire dans la durée du jour sidéral qui est l'unité de temps fondamentale en astronomie. M. Delaunay a montré que, dans l'action de la Lune sur les eaux de la mer, en égard au phénomène des marées et surtout au retard de la pleine mer sur le passage de la Lune au méridien, il y a tout ce qu'il faut pour occasionner un ralentissement progressif du mouvement de rotation de la Terre, capable de donner lieu à la partie de l'équation séculaire de la Lune dont la cause trouvée par Laplace ne peut rendre compte¹.

Influence
du déplacement
de l'écliptique
sur
l'équation
séculaire
de la Lune.

L'excentricité n'est pas le seul élément du mouvement de la Terre autour du Soleil qui éprouve une variation séculaire; l'inclinaison du plan de l'orbite de la Terre sur un plan fixe est soumise à une variation analogue. On peut se demander si cette variation de l'inclinaison ne serait pas capable, comme la variation de l'excentricité, d'occasionner une modification progressive dans la valeur du moyen mouvement de la Lune. Laplace, Poisson, Plana, ont admis que ce changement séculaire de position du plan de l'orbite de la Terre n'a pas d'influence sur l'équation séculaire de la Lune; mais ils se sont contentés, pour arriver à ce résultat, d'une approximation assez restreinte. En poussant l'approximation plus loin qu'ils ne l'ont fait, ne pourrait-il pas arriver qu'on trouvât une influence sensible de ce changement de position du plan de l'orbite terrestre? Telle est la question que M. Puiseux s'est posée, et qu'il a déjà résolue en partie. La recherche de l'influence dont il s'agit se divise naturellement en deux

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 11 décembre 1865.

portions bien distinctes; l'une de ces deux portions a déjà été traitée par M. Puiseux avec une approximation beaucoup plus grande qu'on ne l'avait fait avant lui, et le résultat a été le même, c'est-à-dire qu'il ne s'est manifesté aucune modification appréciable du moyen mouvement de la Lune due à cette cause¹.

La diminution séculaire de l'excentricité de l'orbite de la Terre n'influe pas seulement sur la valeur du moyen mouvement de la Lune; elle exerce une influence analogue sur les mouvements du périégée et du nœud de cet astre, comme Laplace l'a montré le premier. Le calcul des variations séculaires qui en résultent pour ces mouvements du périégée et du nœud a été également repris par M. Delaunay, et effectué avec une approximation notablement plus grande que celle à laquelle on s'était précédemment arrêté².

La difficulté de faire concorder les connaissances théoriques acquises sur le mouvement de la Lune avec les indications fournies par l'observation a fait penser depuis longtemps que cet astre doit être soumis à quelque inégalité à longue période, et les astronomes se sont efforcés de la découvrir. Laplace avait indiqué une inégalité de ce genre due à l'action perturbatrice du Soleil, et ayant pour argument la longitude du périégée de la Lune, plus deux fois celle de son nœud, moins trois fois la longitude du périégée du Soleil; sa période est d'environ 180 ans. Laplace ne chercha pas à calculer théoriquement le coefficient de cette inégalité. « Le grand nombre de termes dont il dépend, dit-il, rend sa détermination par la théorie presque impossible. M. Burg, en adoptant cette inégalité dans ses *Tables* (publiées en 1806), détermina par les observations son coefficient, qu'il trouva d'environ 15 secondes sexagésimales. » Plus tard, en 1833, Poisson établit que cette inégalité n'existe pas. M. Delaunay a fait voir, au contraire, que cette inégalité existe bien réellement, et en a effectué le calcul en poussant les approximations assez loin pour avoir sa véri-

Variations
séculaires
des mouvements
du périégée
et du nœud
de la Lune.

Inégalité
à longue période
de Laplace.

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 21 janvier 1867.

² *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 29 août 1859.

table valeur. La démonstration de Poisson suppose qu'on s'arrête aux quantités du premier ordre par rapport à la force perturbatrice; les approximations ultérieures donnent pour cette inégalité un coefficient différent de zéro : toutefois la valeur numérique finale de ce coefficient, telle qu'elle résulte des calculs de M. Delaunay, montre que l'inégalité dont il s'agit est insensible ¹.

Inégalités
à
longues périodes
dus à l'action
de Vénus.

M. Hansen, de son côté, a reconnu l'existence de deux inégalités lunaires à longues périodes dues à l'action perturbatrice de Vénus. La première, qui a pour argument 18 fois la longitude de Vénus, moins 16 fois celle de la Terre, moins l'anomalie moyenne de la Lune, a une période de 273 années; la seconde, dont l'argument est 8 fois la longitude de Vénus, moins 13 fois celle de la Terre, a une période de 239 années. M. Hansen, qui avait trouvé d'abord 27^{»,4} et 23^{»,2} pour les coefficients de ces inégalités, ayant voulu les calculer de nouveau par une autre méthode, a été conduit à des résultats essentiellement différents des premiers. Les valeurs de 15^{»,34} (au lieu de 27^{»,4}), 21^{»,47} (au lieu de 23^{»,2}) qu'il a adoptées pour les coefficients de ces deux inégalités, dans la construction de ses *Tables lunaires*, ont été choisies de manière à satisfaire convenablement aux observations, et présentent par conséquent un caractère purement empirique. M. Delaunay a effectué le calcul de ces deux inégalités, en se servant des formules qu'il avait précédemment établies pour le calcul des inégalités lunaires dues à l'action du Soleil, et a trouvé ainsi 16^{»,3} pour le coefficient de la première. Quant à la seconde, il a reconnu que son coefficient ne s'élève pas à $\frac{1}{5}$ de seconde ².

Mouvement
de la Lune
autour
de son centre.

Le mouvement de rotation de la Lune autour de son centre de gravité a été étudié par Lagrange, Laplace et Poisson. Une particularité de ce mouvement avait cependant échappé à ces illustres géomètres. M. Ch. Simon a montré que l'axe lunaire subit une nutation semi-mensuelle analogue à la nutation semi-annuelle que

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 23 novembre 1858.

² *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 12 novembre 1860.

subit l'axe terrestre. Cette nutation consiste en ce que l'axe de rotation de la Lune oscille constamment dans le plan perpendiculaire au rayon mené de la Lune à la Terre, en décrivant un secteur de 86 secondes environ dans un temps égal à la moitié de la révolution de la Lune par rapport à la ligne mobile des nœuds. L'oscillation plane qui vient d'être indiquée résulte de la coexistence de deux oscillations elliptiques de même période, de même amplitude et de sens contraires, dont une seule avait été aperçue par Poisson¹.

Le mouvement de révolution de la Lune autour de la Terre occasionne de temps à autre des phénomènes remarquables que nous nommons éclipses. Il y en a de deux espèces : les éclipses de Lune et les éclipses de Soleil, suivant que c'est la Lune ou le Soleil qui se soustrait momentanément à nos regards, en tout ou en partie. De toutes les éclipses qui se produisent successivement, il n'y a guère que les éclipses totales de Soleil qui préoccupent les astronomes, par les indications qu'elles peuvent leur fournir sur la constitution du Soleil et de la Lune. Au moment où le Soleil est complètement couvert par la Lune, on voit autour de ce dernier astre une couronne ou auréole lumineuse, dont on a dû chercher l'explication. Cette auréole est-elle centrée sur le Soleil ou bien sur la Lune? Sa présence indique-t-elle l'existence d'une atmosphère autour de l'un ou de l'autre des deux astres? Outre cette couronne lumineuse, on voit certaines protubérances rougeâtres de formes très-diverses sur le contour du cercle noir formé par la Lune. Ces protubérances sont-elles des montagnes solaires, des nuages peu lumineux flottant dans une atmosphère transparente qui environnerait le Soleil, des masses planétaires circulant autour de cet astre à une petite distance de sa surface, ou bien seulement des illusions dues à certains phénomènes optiques? Telles sont en substance les principales questions que les astronomes se

Eclipses.

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 10 août et 12 octobre 1863. — *Annales de l'École normale*.

sont proposé de résoudre dans ces dernières années, lors des éclipses totales de Soleil qui se sont présentées successivement à leur observation. Ces éclipses sont notamment : 1° celle du 8 juillet 1842, qui a été observée à Perpignan par MM. Arago, Laugier et Mauvais; 2° celle du 28 juillet 1851, que Mauvais et Goujon sont allés observer à Dantzick; 3° celle du 13 juillet 1860, observée à Montcayo (Espagne) par MM. Leverrier, Yvon Villarceau et Foucault. Ajoutons que les questions posées ci-dessus sont loin d'avoir été résolues d'une manière positive par l'observation attentive de ces éclipses totales.

Nous n'avons à parler d'aucun travail fait par les astronomes français sur les satellites des planètes Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune.

Mouvement
de la Terre
autour
de son centre.

Considérons maintenant d'une manière toute spéciale la Terre, sur laquelle nous sommes placés et qui constitue pour nous comme un observatoire mobile d'où nous voyons les positions et les mouvements des autres corps répandus dans l'espace. Nous avons un grand intérêt à connaître très-exactement et dans tous les détails les mouvements divers dont la Terre est animée. Nous avons déjà parlé précédemment du mouvement annuel de la Terre autour du Soleil, qui se traduit pour nous par un mouvement apparent du Soleil autour de la Terre. Notre globe est en outre animé d'un mouvement de rotation autour de son centre, d'où résultent pour nous les apparences du mouvement diurne du ciel tout entier autour d'un axe passant par le centre de la Terre. L'axe de rotation de la Terre, en se déplaçant dans l'espace, occasionne les phénomènes connus sous les noms de précession et de nutation; en se déplaçant à l'intérieur du globe terrestre, il doit produire des variations de la longitude et de la latitude de chaque lieu sur la Terre, variations dont jusqu'à présent l'observation n'a pas indiqué l'existence. L'étude de ce mouvement de la Terre sur elle-même avait été faite par Laplace et Poisson. M. J. A. Serret l'a reprise

en entier et en a donné une solution à la fois plus simple et plus complète¹.

Ce mouvement de rotation de la Terre, dont les phénomènes astronomiques ne permettent pas de douter, a été rendu sensible sur la Terre même, sans qu'on ait besoin de regarder les astres, par deux expériences mémorables dues à M. Foucault. La première est celle du pendule, dont le plan d'oscillation devrait rester immobile si la Terre était fixe, et qui tourne au contraire autour de la verticale de son point de suspension, en raison de l'existence du mouvement de rotation de la Terre². La seconde est celle du gyroscope, appareil qui consiste essentiellement en un corps solide massif bien symétrique autour d'un axe, que l'on suspend de manière qu'il soit parfaitement libre de tourner dans tous les sens autour de son centre de gravité, et auquel on donne un mouvement de rotation extrêmement rapide autour de son axe de symétrie. En vertu de l'inertie de la matière et de la liberté entière qui résulte du mode de suspension du corps, son axe de rotation doit conserver une direction invariable dans l'espace; il en résulte que cet axe de direction invariable change peu à peu de position par rapport aux points de la surface de la Terre situés dans le voisinage du corps tournant, puisque cette surface se déplace par suite de la rotation de la Terre sur elle-même. Le mouvement apparent dont l'axe de rotation du gyroscope se trouve ainsi animé, et qui est entièrement analogue au mouvement diurne des astres, s'aperçoit sans peine par l'observation de l'une des extrémités de cet axe à l'aide d'un microscope³.

Nous devons ajouter que la complète réussite de ces deux belles expériences de M. Foucault est due, en partie, à l'habileté avec laquelle les appareils ont été construits par l'éminent artiste Froment, que la France a perdu récemment (février 1865).

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 31 octobre 1859. — *Annales de l'Observatoire de Paris*, t. V.

² *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 3 février 1851.

³ *Ibid.* 27 septembre 1862.

Figure
de la Terre.

L'étude de la figure de la Terre, à l'aide de mesures effectuées sur sa surface, a pris naissance en France. D'importantes opérations géodésiques ont été successivement exécutées sur le territoire français, depuis deux siècles, par les moyens de plus en plus exacts imaginés par les observateurs. L'exemple de la France a été suivi par toutes les nations civilisées; elles ont rivalisé de zèle pour arriver à une connaissance complète de la figure de notre globe, et, à l'envi les unes des autres, elles sont allées très-loin dans cette voie. Le Bureau des longitudes de France, ne voulant pas rester en arrière de cet immense mouvement géodésique, a soumis à un examen approfondi les opérations à effectuer, pour donner au magnifique réseau géodésique français toute la valeur que le perfectionnement des moyens d'observation peut lui permettre d'acquérir. Son attention s'est fixée principalement sur la grande utilité qu'il y aurait à effectuer de nouvelles déterminations de la latitude, de la longitude et de l'intensité de la pesanteur aux stations principales du réseau. Un rapport détaillé sur cette question a été adressé au gouvernement, pour provoquer l'exécution du projet élaboré par le Bureau des longitudes¹. Ce projet est déjà en partie exécuté. M. Yvon Villarceau a repris et déterminé successivement, pour un certain nombre de points, la latitude, la longitude, ainsi que l'azimut d'un côté principal du réseau; les stations où il a opéré sont : Dunkerque, Brest, Strasbourg, Talnay (Côte-d'Or)², Rodez, Carcassonne, Saligny-le-Vif (Cher) et Lyon.

Latitude
de l'Observatoire
de Paris.

La latitude de l'Observatoire de Paris est un élément fondamental, dont la connaissance est de la plus grande importance, tant pour les observations astronomiques que pour les opérations géodésiques dont nous venons de parler. Elle a été déterminée avec le plus grand soin par MM. Laugier et Mauvais, à l'aide des deux grands cercles muraux de Gambey et de Fortin, qui étaient installés dans la salle des observations méridiennes. M. Laugier, en

¹ Ce rapport, envoyé au ministre de l'instruction publique en 1862, a été im-

primé dans la *Connaissance des temps* de 1864. — ² *Ann. de l'Obs. de Paris*, VIII.

discutant 650 observations d'étoiles circompolaires faites au cercle de Gambey, a trouvé pour la latitude de la face méridionale de l'Observatoire de Paris, $48^{\circ} 50' 11'', 19^1$. Mauvais, de son côté, par 1350 observations faites au cercle de Fortin, a trouvé pour cette latitude $48^{\circ} 50' 11'', 85^2$. Les résultats déduits des nombreuses observations faites depuis à l'Observatoire de Paris s'accordent aussi bien que possible avec ces deux nombres.

Les dimensions du globe terrestre nous servent naturellement de point de départ pour l'évaluation de la grandeur des diverses parties du système solaire. Pour la mesure des dimensions linéaires de ce système, on adopte comme unité de longueur la distance moyenne du Soleil à la Terre, et on rattache cette distance moyenne aux dimensions de notre globe en déterminant la *parallaxe* du Soleil, c'est-à-dire l'angle sous lequel, étant placé au centre du Soleil, on verrait de face l'un des rayons de l'équateur de la Terre au moment où les deux corps se trouvent à leur distance moyenne.

Parallaxe
du Soleil.

La détermination de la parallaxe du Soleil est une des questions les plus difficiles de l'astronomie. L'observation des passages de la planète Vénus sur le disque du Soleil paraît être le moyen le plus précis d'y parvenir; mais ces passages sont des phénomènes très-rare. Les derniers qu'on a pu observer remontent aux années 1761 et 1769; il s'en produira bientôt deux autres : l'un en 1874, l'autre en 1882; puis il n'y en aura plus jusqu'en l'an 2004. Les passages de 1761 et 1769, les seuls qui aient été observés en vue de la détermination de la parallaxe du Soleil, n'ont pas fourni pour cette parallaxe toute la précision qu'on en attendait; on a toutefois regardé pendant longtemps le nombre $8'',57$ comme étant la valeur de la parallaxe solaire, telle que la donnait l'ensemble des observations de ces deux passages. Depuis quelques années, des doutes se sont élevés sur ce nombre, que l'on est porté à croire

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 10 janvier 1853.

² *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 17 janvier 1853.

trop faible. En attendant que les observations des prochains passages de 1874 et 1882 viennent confirmer ou modifier ce nombre, on ne néglige aucun des autres moyens qui peuvent servir à le contrôler. Voici la part qui a été prise par les savants français à ces moyens de contrôle.

M. Leverrier, en discutant les observations du Soleil pour arriver à la construction des *Tables* de cet astre, a pu déterminer la valeur numérique de ce qu'on appelle l'*équation lunaire* du Soleil; or cette équation lunaire est liée intimement à la parallaxe du Soleil: il en a conclu $8'',95$ pour la valeur de cette parallaxe ¹.

D'un autre côté, M. Foucault, étant parvenu à mesurer directement la vitesse de la lumière, par une expérience remarquable exécutée à la surface de la Terre dans l'espace de quelques mètres, et combinant la valeur ainsi obtenue pour cette vitesse avec la valeur de l'*aberration* adoptée par les astronomes, a trouvé $8'',86$ pour la parallaxe du Soleil ².

Constitution
du Soleil.

L'observation attentive de la surface du Soleil fournit des indications précieuses, à l'aide desquelles on peut chercher à se faire une idée de la nature et de la constitution de cet astre. Il s'agit de se rendre compte à la fois des particularités que présente sa surface, telles que les taches, leurs pénombres, les facules, etc. et de la manière dont peut s'entretenir l'émission énorme de chaleur et de lumière que le Soleil projette sans cesse dans toutes les directions. M. Faye, qui s'est beaucoup occupé de cette question, a émis à ce sujet une hypothèse qui paraît mieux s'adapter aux phénomènes observés que celles auxquelles on s'était précédemment arrêté. Suivant lui, le Soleil serait une masse gazeuse d'une température très-élevée. En raison de cette haute température, les diverses substances simples qui entrent dans sa composition ne pourraient pas se combiner entre elles; mais le refroidissement superficiel dû au rayonnement vers les espaces célestes permettrait à

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 10 mai 1858.

² *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 22 septembre 1860.

des combinaisons de se produire, ce qui, par la formation de précipités solides pulvérulents disséminés dans les couches extérieures de la masse gazeuse, donnerait lieu à la lumière éblouissante de la photosphère. Par suite de leur plus forte densité, ces précipités solides descendraient peu à peu dans l'intérieur de la masse, où ils seraient décomposés par la haute température qu'ils rencontreraient, et reviendraient à l'état gazeux; d'ailleurs, ces courants descendants détermineraient la formation de courants ascendants, en vertu desquels les matières de l'intérieur se rapprocheraient de la surface : de telle sorte que la masse gazeuse tout entière contribuerait ainsi à entretenir l'énorme production de chaleur et de lumière à la surface de l'astre ¹.

Les taches du Soleil ne sont autre chose que des éclaircies produites accidentellement au milieu des nuages éblouissants qui constituent la photosphère. M. Faye, profitant de la belle série d'observations de ces taches faites en Angleterre par M. Carrington, a soumis leurs mouvements à un examen approfondi. Parmi les intéressants résultats auxquels il est ainsi parvenu, nous citerons : 1° la profondeur des taches au-dessous de la surface générale de la photosphère; 2° le ralentissement de la rotation de la photosphère, d'un parallèle à l'autre, proportionnellement au carré du sinus de la latitude ².

Après avoir passé en revue les principaux travaux dont le système solaire a été l'objet, occupons-nous du système stellaire, c'est-à-dire de l'ensemble des astres que nous voyons de tous côtés dans l'immensité des cieux, et qui sont éloignés de nous de quantités extrêmement grandes relativement aux dimensions de notre système solaire.

Pour être en mesure de constater les changements que l'état du ciel peut subir avec le temps, et aussi de découvrir les astres mo-

STRIQUE
STELLAIRE.

Cartes célestes.

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 23 janvier 1865.

² *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXI à LXIV (1865 à 1867).

biles qui se déplacent à travers les constellations, on construit des cartes célestes servant à établir nettement l'état du ciel à une époque donnée. Tous les astres, jusqu'à un ordre de grandeur déterminé, sont figurés sur ces cartes, dans les positions qu'ils occupent les uns par rapport aux autres.

La découverte de quelques nouvelles planètes télescopiques, en 1845 et 1847, a fait sentir la nécessité de construire des cartes célestes plus complètes que celles que l'on possédait, afin de pouvoir trouver toutes les petites planètes qui avaient échappé jusqu'alors aux investigations des astronomes. M. Valz proposa, en 1847, la construction de cartes s'étendant, de part et d'autre de l'écliptique, à un degré ou un peu plus au nord et au sud de ce cercle, et comprenant toutes les étoiles jusqu'à la 12^e grandeur. En 1852, il s'adjoignit M. Chacornac, qui commença l'exécution de ce plan. M. Chacornac y travailla d'abord à Marseille, puis à l'Observatoire de Paris, auquel il fut attaché en mars 1854. Telle est l'origine du bel atlas écliptique dont 36 cartes, contenant plus de 60000 étoiles, ont déjà été publiées, et qui a puissamment servi à la découverte du nombre considérable de planètes télescopiques que l'on connaît maintenant entre Mars et Jupiter¹.

Catalogues
d'étoiles.

Outre les cartes célestes, qui sont surtout destinées à parler aux yeux, les astronomes construisent encore des catalogues d'étoiles destinés à faire connaître, avec toute la précision possible, la position des étoiles dans le ciel. Nous avons à mentionner un important travail de ce genre, dû à M. Laugier. Cet astronome a fait, du 29 décembre 1851 au 26 janvier 1854, environ 3000 observations au cercle mural de Gambey, en vue de déterminer les déclinaisons d'un certain nombre d'étoiles fondamentales; il a étudié toutes les causes d'erreur, et en a tenu compte autant que possible. Le catalogue qu'il en a déduit, pour les déclinaisons de 140 étoiles, est regardé comme un des plus exacts que l'on possède².

¹ Ces 36 cartes, formant 6 livraisons, ont été publiées de 1856 à 1863.

² *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1^{er} juin 1857; *Mémoires de l'Acad.* XXVII.

La comparaison de catalogues d'étoiles, construits à diverses époques, conduit à la connaissance des mouvements propres des étoiles. Ces mouvements peuvent provenir, soit de déplacements réels des étoiles, soit du changement de position de l'observateur, en vertu du déplacement du système solaire dans l'espace; on peut même dire que les mouvements apparents des étoiles, tels qu'ils sont fournis par les observations, doivent tenir à la fois à ces deux causes. On conçoit que, par la discussion des mouvements apparents des différentes étoiles, on puisse mettre en évidence ce qui, dans ces divers mouvements, tient à une seule et même cause, savoir le déplacement du système solaire dans l'espace; et que, par suite, on puisse arriver ainsi à la connaissance de la direction et de la vitesse de ce déplacement. Bravais, ayant repris cette discussion, déjà faite avant lui par M. Argelander (de Bonn), et y ayant introduit des considérations nouvelles, a été conduit à un résultat concordant sensiblement avec celui de l'astronome prussien ¹.

Mouvement
du
système solaire
dans l'espace.

Les étoiles ne sont pas toutes isolées les unes des autres. Il existe, au contraire, un grand nombre d'étoiles réunies deux à deux, trois à trois, etc. formant ce qu'on nomme les étoiles doubles, triples, etc. Les deux étoiles dont l'ensemble constitue une étoile double se meuvent l'une autour de l'autre. Ce mouvement commun a été rattaché, il y a environ 40 ans, par Savary, à la grande loi de la gravitation universelle. M. Yvon Villarceau s'est occupé, à son tour, de cette importante question; il a établi de nouvelles formules pour la détermination des orbites des étoiles doubles, et en a fait l'application à un certain nombre d'étoiles, telles que ζ d'Hercule, η de la Couronne, ξ de la Couronne, la 70^e d'Ophiuchus, etc. ²

Étoiles doubles.

Outre les étoiles, on aperçoit dans le ciel, à l'aide des lunettes, un grand nombre de taches blanchâtres dont l'aspect a beaucoup

Nébulæ.

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 27 février 1853.

sciences, années 1849 à 1854. — *Connaissance des temps* de 1852.

² *Comptes rendus de l'Académie des*

d'analogie avec celui des petits nuages que nous voyons souvent flotter dans notre atmosphère : ce sont les *nébuleuses*. On en distingue de deux espèces. Les unes, dites nébuleuses résolubles, ne sont que des amas d'étoiles dont on parvient souvent à distinguer les parties constituantes, en se servant de lunettes d'un très-fort grossissement. Les autres, qui sont les nébuleuses proprement dites, sont formées par une matière diffuse répandue dans l'espace.

L'observation attentive de la multitude d'étoiles que l'on voit de toutes parts a conduit à penser que nous faisons partie d'une nébuleuse résoluble aplatie, comprenant toutes ces étoiles et notre Soleil, et s'allongeant tout autour de nous dans la direction indiquée par la voie lactée. S'il en est réellement ainsi, lorsque nous discutons les mouvements propres des différentes étoiles, pour arriver à connaître le mouvement de notre Soleil dans l'espace, ce n'est pas le mouvement absolu du Soleil que nous obtenons, mais son mouvement relatif dans la nébuleuse à laquelle il appartient ; si cette nébuleuse se meut elle-même dans l'espace, nous ne pouvons pas nous en apercevoir par ce genre de recherches. Pour arriver à quelque chose de plus concluant relativement au mouvement absolu du Soleil dans l'espace, il faut prendre des points de comparaison en dehors de la nébuleuse dont il dépend ; c'est donc aux autres nébuleuses que nous apercevons de très-loin, çà et là dans le ciel, que nous devons nous attacher pour faire ce nouveau pas. C'est ce que M. Laugier a compris, et ce qui l'a décidé à établir, par des observations très-précises, un catalogue de nébuleuses destiné à servir ultérieurement de base aux recherches de cette nature. Le catalogue qu'il a publié renferme les positions de 53 nébuleuses¹.

Comètes.

Il nous reste à parler des comètes, corps célestes qui occupent pour ainsi dire dans l'espace une position mixte, appartenant tantôt au système stellaire, tantôt au système solaire. Ce sont de petites

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 12 décembre 1853.

nébuleuses non résolubles, qui voyagent dans l'espace, et qui, venant à pénétrer dans la sphère d'attraction prédominante du Soleil, s'approchent de cet astre avec une vitesse croissante, tournent autour de lui en passant plus ou moins près de sa surface, puis s'en éloignent en perdant peu à peu l'accroissement de vitesse qu'elles avaient reçu, pour se rendre dans d'autres régions du ciel. Si le Soleil n'était pas accompagné de planètes, toutes les comètes que nous voyons se mouvraient conformément à ce qui vient d'être dit en deux mots, en exceptant toutefois le cas extrêmement rare où une comète, marchant juste dans la direction du Soleil, irait tomber sur cet astre pour se perdre dans sa masse. La présence des planètes qui circulent autour du Soleil, et près desquelles les comètes peuvent passer dans leur mouvement vers cet astre central, amène souvent des modifications importantes dans la marche de ces nébuleuses errantes. L'attraction qu'une planète exerce sur une comète passant dans son voisinage peut changer beaucoup la grandeur et la direction de la vitesse de cette dernière, de telle sorte que l'orbite de la comète autour du soleil devienne toute différente de ce qu'elle était auparavant. Cette orbite peut devenir elliptique, et dès lors la comète se meut dans des conditions analogues à celles dans lesquelles se trouvent les planètes : la comète est pour ainsi dire incorporée au système solaire, dont elle fait désormais partie. Elle devient alors ce qu'on nomme une comète périodique, reparaissant régulièrement au bout d'un même intervalle de temps, toutes les fois qu'elle s'approche suffisamment de son périhélie pour être visible. Mais, de même qu'une comète venant des profondeurs de l'espace peut devenir périodique par l'action de quelque planète, de même le mouvement d'une comète périodique peut être tellement altéré par son passage près d'une planète, qu'elle cesse d'être périodique et qu'elle s'éloigne indéfiniment pour aller tomber dans la sphère d'attraction d'autres soleils. On comprend par là quelle variété de recherches les comètes offrent à la sagacité des astronomes.

Comètes
périodiques.

Avant 1842, les astronomes ne connaissaient que trois comètes périodiques, savoir : 1° la comète de Halley; 2° la comète à courte période ou comète d'Encke; 3° la comète de 6 ans $\frac{1}{2}$, dite comète de Gambart ou comète de Biéla. On en connaît maintenant plusieurs autres dont la périodicité a été bien constatée. Je n'ai à parler ici que de deux d'entre elles, savoir la comète de Faye, dont la période est de 7 ans $\frac{1}{2}$, et la comète de d'Arrest, dont la période est de 6 ans $\frac{1}{2}$.

La première de ces deux comètes a été découverte le 22 novembre 1843, à Paris, par M. Faye, qui, ayant voulu calculer son orbite à l'aide des premières observations, a vu immédiatement qu'une orbite parabolique ne pouvait pas convenir¹. Le docteur Goldschmidt (de Göttingue) a donné le premier les éléments elliptiques de cette comète, qui a été revue depuis en 1851, en 1858 et en 1865.

L'autre comète, découverte le 27 juin 1851, à Leipzig, par M. d'Arrest, a été l'objet d'importantes recherches de la part de M. Yvon Villarceau, qui a fait connaître le premier sa périodicité². Lors de son retour, à la fin de 1857, elle a été observée au cap de Bonne-Espérance, et l'observation a pleinement confirmé les résultats auxquels M. Yvon Villarceau était parvenu relativement à ce prochain retour³.

Comète
de Lexell.

La découverte de nouvelles comètes périodiques a ramené l'attention des savants sur une comète singulière, dite *comète de Lexell*, qui avait été aperçue pour la première fois dans le ciel par Messier, en 1770; qui avait été reconnue périodique six ans plus tard par Lexell, d'après l'ensemble des observations qu'on en avait faites; et qui, cependant, n'avait pas été revue depuis cette époque. Lexell lui attribuait une période de 5 ans $\frac{1}{2}$. Il pensait que cette comète pouvait être nouvelle; qu'ayant passé très-près de Jupiter,

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 8 janvier 1844.

² *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 15 février 1858.

³ *Comptes rendus de l'Académie des*

sciences, 18 août 1851.

en 1767, elle avait pu, par l'action de cette grosse planète, éprouver des perturbations considérables, capables de transformer une orbite parabolique en une orbite elliptique, telle que celle qu'on lui avait vu décrire. Il ajoutait que, en 1779, la comète s'approcherait une seconde fois de Jupiter, qui l'enlèverait peut-être comme il l'avait donnée.

M. Leverrier a soumis le mouvement de cette comète à un examen approfondi. Il est d'abord résulté de ses recherches qu'il n'y a identité entre aucune des comètes récemment découvertes et la comète de Lexell¹. En outre, M. Leverrier, tenant compte de toutes les causes d'incertitude qui peuvent exister, a réuni dans une *Table* les éléments de toutes les orbites dans lesquelles la comète a pu se mouvoir, après avoir échappé à l'action de Jupiter; à l'aide de cette *Table*, les astronomes pourront reconnaître la comète de Lexell si elle vient à reparaitre².

La formation des queues des comètes, qui s'étendent ordinairement du côté opposé du Soleil, et souvent sur une longueur considérable, n'est pas encore expliquée. M. Faye a essayé d'en donner l'explication par l'existence d'une force répulsive à laquelle la matière de la comète serait soumise de la part du Soleil, en raison de l'incandescence de ce dernier astre, et qui agirait tout autrement que la gravité (elle s'exercerait proportionnellement aux surfaces, et non aux masses; elle serait interceptée par un écran). Cette force répulsive ne pouvant produire quelque chose de sensible que sur des corps d'une très-faible densité, ses effets ne se manifesteraient que sur les comètes; et, outre la formation des queues, on pourrait encore lui attribuer l'accélération que l'observation a indiquée dans les moyens mouvements de deux comètes périodiques, celle d'Encke et celle de Faye³.

M. Roche, dans des recherches analytiques sur les atmosphères

Hypothèse
d'une
force répulsive
émanant
du Soleil.

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 25 octobre 1847 et 20 décembre suivant.

² *Ann. de l'Observatoire de Paris*, III.

³ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, années 1858 à 1861.

des comètes, a tenu compte de la force répulsive mise en avant par M. Faye, et sa théorie l'a conduit à des résultats qui s'accordent avec les indications fournies par l'observation¹.

Étoiles filantes.

Une importante découverte a été faite récemment relativement aux étoiles filantes, que l'on doit désormais regarder comme étant de petites comètes se mouvant par essaims dans l'espace. Signalons la part prise par les savants français dans cette découverte, qui est due principalement à M. Schiaparelli (de Milan).

M. Couvrier-Gravier a constaté depuis longtemps que les étoiles filantes que l'on aperçoit pendant la nuit deviennent généralement de plus en plus nombreuses depuis le soir jusqu'au matin; les nombres moyens de ces étoiles filantes qu'il a trouvés pour les diverses heures de la nuit vont en croissant régulièrement, et augmentent ainsi du simple au double en douze heures².

Prenant ce résultat de l'observation comme base de ses recherches, M. Schiaparelli en a conclu que les étoiles filantes sont animées en réalité de vitesses comparables à celle d'une comète venant des profondeurs de l'espace (Lettre au P. Secchi, datée du 25 août 1866). Cette idée une fois acquise, M. Schiaparelli a examiné les actions qu'un corps important, tel que le Soleil ou une planète, peut exercer sur un essaim de corpuscules; il a trouvé ainsi que le Soleil peut transformer l'essaim en un courant parabolique, et qu'une planète près de laquelle l'essaim vient à passer peut le changer en un courant annulaire elliptique. S'aidant ensuite des indications fournies par l'observation sur les centres d'émanation des étoiles filantes observées en si grand nombre, d'une part vers le 10 août, d'une autre part vers le 13 novembre, l'astronome de Milan a calculé les orbites décrites par les deux essaims qui se montrent à ces deux époques, et il a constaté l'identité de l'orbite de l'essaim d'août avec celle de la grande comète de 1862. M. Peters fils, de son côté, a remarqué l'identité de

¹ *Annales de l'Observatoire de Paris*, t. V.

² *Comptes rendus de l'Académie des*

sciences, 5 mai 1845. — *Recherches sur les météores*, Paris, 1859.

l'orbite de l'essaim de novembre, obtenue de nouveau par M. Leverrier après M. Schiaparelli, avec celle d'une autre comète découverte par M. Tempel à Marseille au commencement de l'année 1866.

M. Leverrier, familiarisé depuis longtemps, par ses recherches sur la comète de Lexell, avec les changements de forme que les orbites des comètes peuvent éprouver de la part des planètes, a essayé de remonter à l'origine de l'essaim de novembre. Il a trouvé que les conditions dans lesquelles se trouve actuellement cet essaim pouvaient être attribuées à l'action de la planète Uranus, tout près de laquelle il a dû passer en l'an 126 de notre ère ¹.

Mais M. Schiaparelli, qui a de son côté examiné cette question à fond, n'est pas d'accord avec M. Leverrier; il pense que c'est à l'action de Jupiter ou de Saturne, et non à celle d'Uranus, que nous sommes redevables de la présence de cet essaim dans notre système solaire.

Après avoir passé en revue, comme nous venons de le faire, les principaux résultats dont l'astronomie est redevable aux astronomes français depuis vingt-cinq ans, il nous reste à mentionner les perfectionnements apportés aux moyens d'observation.

Moyens
d'observation.

Citons d'abord l'emploi des miroirs paraboliques en verre argenté dans la construction des télescopes. M. Foucault, ayant vu la possibilité de remplacer avec avantage les miroirs métalliques par des miroirs en verre argenté (ce qui avait déjà été fait quelque temps avant lui par M. Steinheil, de Munich), a cherché à donner à ces nouveaux miroirs toute la perfection possible sous le rapport de la netteté des images. A cet effet, lorsque le miroir en verre a été taillé de manière à présenter à très-peu près une surface sphérique, il lui fait subir des retouches successives, en le soumettant en même temps à des épreuves optiques destinées à guider le tra-

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 21 janvier 1867.

vail, de manière à transformer peu à peu cette surface sphérique, d'abord en un ellipsoïde de plus en plus allongé, puis finalement en un paraboloidé. Il ne reste plus dès lors qu'à déposer, sur la surface ainsi obtenue, une mince couche d'argent à laquelle on donne ensuite facilement un beau poli, pour avoir un excellent miroir de télescope¹. C'est par ce procédé qu'a été construit le grand télescope de 0^m,78 de diamètre et de 4^m,50 de distance focale installé à l'observatoire de Marseille.

L'observation du Soleil à l'aide d'une lunette ne peut se faire qu'à la condition d'employer certains moyens pour affaiblir l'intensité des rayons lumineux et calorifiques qui se concentrent dans l'image focale. M. Foucault a eu l'idée de substituer aux moyens usités l'emploi d'une mince couche d'argent déposée sur la surface de l'objectif, couche qui, avec une épaisseur convenable, présente une transparence et une limpidité remarquables, et permet d'observer longtemps la surface du Soleil sans qu'il en résulte trop de fatigue pour l'œil².

Signalons enfin le procédé imaginé par M. Wolf pour étudier l'erreur personnelle des astronomes dans l'observation du passage d'un astre derrière un fil. L'appareil qu'il a construit pour cela permet d'initier rapidement les astronomes débutants à la pratique de l'observation des passages, et, en fournissant la valeur de l'équation personnelle propre à chacun, il donne le moyen de corriger les observations de l'influence de cette cause d'erreur³.

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 2 août 1858.

sciences, 3 septembre 1866. — ² *Annales de l'Observatoire de Paris*, t. VIII.

³ *Comptes rendus de l'Académie des*

FIN.



9

YA 1 1527581

